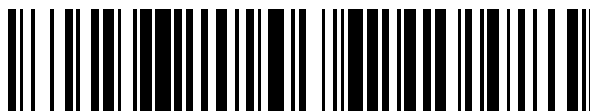


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 753**

51 Int. Cl.:

**A61N 1/05** (2006.01)

**A61N 1/36** (2006.01)

**A61N 1/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.06.2010 PCT/US2010/040081**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.01.2011 WO11005607**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.06.2010 E 10730001 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2451523**

54 Título: **Sistemas para ajustar la terapia eléctrica basada en los cambios de impedancia**

30 Prioridad:

**08.07.2009 US 499769**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**11.10.2018**

73 Titular/es:

**NEVRO CORPORATION (100.0%)  
1800 Bridge Parkway  
Redwood City, CA 94065, US**

72 Inventor/es:

**PARKER, JON;  
WALKER, ANDRE, B. y  
SINGH, UDAI**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 685 753 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistemas para ajustar la terapia eléctrica basada en los cambios de impedancia

**Campo técnico**

5 [1] La presente descripción se refiere en general a los sistemas y métodos para ajustar la terapia eléctrica administrada a los pacientes, basada en los cambios de impedancia de los circuitos que administran la terapia, incluyendo los cambios detectados mientras se aplican las señales eléctricas terapéuticas en la médula espinal de un paciente.

**Antecedentes**

10 [2] Se han desarrollado estimuladores neurológicos para tratar el dolor, trastornos del movimiento, trastornos funcionales, espasticidad, cáncer, trastornos cardíacos y diversas patologías. Por lo general, los sistemas de estimulación neurológica implantables disponen de un generador de impulsos implantable y uno o más cables que transmiten impulsos eléctricos al tejido neurológico o al tejido muscular. Por ejemplo, varios sistemas de estimulación neurológica para la estimulación de la médula espinal (SCS) disponen de cables cilíndricos que incluyen un cuerpo del cable con una forma transversal circular y uno o más anillos conductores separados entre sí  
15 en el extremo distal del cuerpo del cable. Los anillos conductores funcionan como electrodos individuales y, en muchos casos, los cables de SCS se implantan percutáneamente a través de una aguja de gran tamaño insertada en el espacio epidural, con o sin la ayuda de un bisturí.

[3] Una vez implantados, el generador de impulsos aplica impulsos eléctricos a los electrodos, que a su vez modifican la función del sistema nervioso del paciente, por ejemplo alterando la sensibilidad de un paciente a los estímulos sensoriales y/o alterando la reacción del circuito motor del paciente. Para el tratamiento del dolor, el generador de impulsos aplica impulsos eléctricos a los electrodos, que a su vez generan sensaciones que enmascaran o alteran de otro modo la sensación de dolor del paciente. Por ejemplo, en muchos casos los pacientes indican una sensación de hormigueo o parestesia percibida como más agradable y/o menos incómoda que la sensación de dolor subyacente.

25 [3A] US2009/0125079 divulga un modo de funcionamiento alternativo para un dispositivo médico implantable basado en la condición del cable. La divulgación proporciona un método, un aparato y un sistema para determinar una condición operativa adversa asociada con un conjunto de cable en un dispositivo médico implantable utilizado para administrar una señal eléctrica terapéutica a un nervio craneal. Se detecta una primera impedancia asociada con el conjunto del cable configurada para administrar la señal eléctrica terapéutica a un nervio craneal. Se determina si la primera impedancia está fuera de un primer intervalo de valores predeterminado. Se detecta una segunda impedancia. La detección de la segunda impedancia se realiza dentro de un periodo de tiempo predeterminado a partir del momento de la detección de la primera impedancia. Se determina si la segunda impedancia está fuera de un segundo intervalo de valores predeterminado. La determinación de que la condición del cable presenta un problema se realiza en respuesta a la determinación de que la primera impedancia se encuentra fuera del primer  
30 intervalo de valores predeterminado y la segunda impedancia se encuentra fuera del segundo intervalo de valores predeterminado. Se impide que el dispositivo médico implantable administre la señal eléctrica terapéutica al nervio craneal en respuesta a la determinación de que la condición del cable presenta un problema.

[3B] US2007/0135868 A1 divulga técnicas para detectar y ajustar un voltaje de conformidad en un dispositivo estimulador implantable. Se divulgan métodos y circuitos para controlar y ajustar un voltaje de conformidad en un dispositivo estimulador implantable a un valor óptimo que sea lo suficientemente elevado como para permitir el correcto rendimiento del circuito (es decir, suficiente salida de corriente), pero lo suficientemente bajo para que la energía no se pierda innecesariamente por caídas de voltaje excesivas en los circuitos de salida de corriente. El algoritmo mide los voltajes de salida de los circuitos de entrada y salida de corriente durante al menos periodos de estimulación real cuando tanto las entradas como las salidas de corriente se pueden accionar, y ajusta el voltaje de conformidad para reducir estos voltajes de salida hasta los valores del intervalo de protección preferiblemente  
45 indicativos para el funcionamiento en la saturación del transistor. Los voltajes de salida se pueden controlar adicionalmente durante periodos entre impulsos de estimulación para mejorar la precisión de la medición, y también resulta beneficioso por el hecho de que dichas mediciones adicionales no resultan perceptibles para el paciente.

[4] Un problema asociado con los sistemas de estimulación existentes es que los aspectos de los sistemas y/o las interacciones entre los sistemas y el paciente pueden cambiar con el paso del tiempo. Por ejemplo, la impedancia de un circuito de estimulación (que incluye electrodos implantados y el tejido del paciente) puede cambiar a medida que se forma tejido cicatrizado en el punto del implante y/o si el cable se desplaza en el interior del paciente o si el cable se desconecta o experimenta otros cambios. A medida que cambia la impedancia del circuito, la potencia de la señal aplicada varía, lo que puede reducir la eficacia de la señal y/o crear molestias al paciente. Por consiguiente, sigue existiendo la necesidad de contar con técnicas y sistemas mejorados para tratar el dolor del paciente de una forma que resulte efectiva y cómoda durante un periodo de tiempo prolongado.

**Breve descripción de los gráficos**

- [5] La Figura 1A es una ilustración parcialmente esquemática de un sistema implantable de estimulación de la médula espinal posicionado en la columna para transmitir señales terapéuticas de conformidad con una realización de la presente divulgación.
- 5 [6] La Figura 1B es una ilustración parcialmente esquemática de un cable que tiene contactos de electrodos que forman elementos de uno o más circuitos de terapia cuyas impedancias se detectan de conformidad con los métodos de la presente descripción.
- [7] La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para ajustar parámetros de terapia eléctrica en respuesta a los cambios detectados en la impedancia del circuito terapéutico.
- 10 [8] La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra otros detalles de los procesos para detectar cambios y responder a estos cambios en la impedancia del circuito de terapia, de conformidad con otras realizaciones de la divulgación.
- [9] La Figura 4A es una ilustración esquemática de un sistema de detección representativo de conformidad con una realización de la divulgación.
- [10] La Figura 4B es una ilustración esquemática de un circuito representativo para detectar cambios en la impedancia de conformidad con otra realización de la divulgación.
- 15 [11] Las Figuras 5A y 5B son ilustraciones esquemáticas de formas de onda que indican los puntos en los que se puede realizar la detección de la impedancia de conformidad con las realizaciones de la divulgación.
- [12] La Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso para predecir valores futuros de impedancia en base a las tendencias de impedancia de conformidad con una realización de la divulgación.
- 20 [12A] Los aspectos de la invención se recogen en las reivindicaciones adjuntas.

**Descripción detallada**

- [13] La presente descripción se refiere generalmente a los sistemas y métodos para ajustar los parámetros de la terapia eléctrica en base a los cambios detectados en la impedancia de un circuito eléctrico que administra terapia eléctrica. Los detalles específicos de determinadas realizaciones de la divulgación se describen a continuación por lo que respecta al ajuste de los parámetros de terapia para estimuladores de la médula espinal, que pueden ser utilizados para tratar el dolor crónico. No obstante, los sistemas y métodos descritos se pueden utilizar en el contexto de otros estimuladores y/u otras condiciones del paciente. Por consiguiente, algunas realizaciones pueden tener configuraciones, componentes o procedimientos diferentes de los descritos en esta sección y otras realizaciones pueden eliminar componentes o procedimientos concretos. Por tanto, un experto en la técnica relevante entenderá que la invención puede tener otras realizaciones con elementos adicionales y/o tener otras realizaciones sin varias de las características mostradas y descritas a continuación en relación con las Figuras 1A-6.
- 25 [14] En el transcurso de un régimen de terapia típico de estimulación de la médula espinal y/o un periodo de ensayo que lleva al régimen de terapia, la impedancia del circuito eléctrico que administra la terapia eléctrica al paciente puede cambiar por diversas razones. Por ejemplo, si el paciente cambia de posición y el cable implantado que tiene los electrodos de terapia se mueve, la impedancia del circuito puede variar porque los electrodos se encuentran entonces adyacentes al tejido y/o fluido que tiene unas características de impedancia diferentes. Si la impedancia del circuito cambia de forma repentina, el paciente puede experimentar un cambio repentino en la corriente y/o el voltaje aplicado, pudiendo causar molestias al paciente. En otros casos, puede haber tejido cicatrizado presente en el implante y/o acumulado en los electrodos, lo que reduce la eficacia con la que se administran las señales eléctricas al paciente. En otros casos, los electrodos pueden hacer un cortocircuito o el cable puede desconectarse total o parcialmente del generador de la señal, creando uno o más circuitos abiertos que reducen o eliminan la eficacia de la terapia. En cualquiera de estos casos, determinados aspectos de la siguiente divulgación pueden detectar automáticamente cambios en la impedancia del circuito y responder automáticamente a los cambios de manera que mejore la comodidad del paciente y/o la eficacia de la terapia.
- 35 [15] Un método de conformidad con un aspecto concreto de la descripción incluye la administración de una señal eléctrica terapéutica a un paciente a través de una porción implantada de un sistema de estimulación del paciente que incluye un dispositivo de administración de señal en comunicación eléctrica con una población de células neuronales diana del paciente. La señal eléctrica se administra de acuerdo con uno o más parámetros de administración de la señal. El método puede asimismo incluir la detección de un cambio en la impedancia de un circuito eléctrico que incluye el dispositivo de administración de la señal, utilizando la porción implantada del sistema de estimulación del paciente. Basado el menos en parte en el cambio de impedancia detectado, el método también puede incluir el ajuste automático del valor del parámetro o los parámetros de administración de la señal sin intervención humana. Por consiguiente, el proceso de detección de los cambios de impedancia y respuesta a los cambios detectados puede ser realizado de forma autónoma por la porción implantada del sistema de estimulación del paciente.
- 45 [16] Un método de conformidad con otro aspecto de la descripción incluye la identificación automática de cambios en la impedancia de un circuito eléctrico que administra terapia al paciente, como una función de tiempo. Basado al menos en la identificación de los cambios en la impedancia como una función de tiempo, el método puede incluir
- 50
- 55

también la predicción de un valor futuro de la impedancia y realizar automáticamente una tarea basada en el valor futuro predicho. Tareas representativas incluyen la predicción de un fallo del cable, la confirmación de que una tendencia de impedancia identificada se ajusta a una tendencia esperada y/o notificar a un paciente o médico un cambio predicho en el valor de impedancia.

## 5 Sistemas y métodos representativos

[17] En el siguiente debate, las Figuras 1A-1B ilustran una implementación representativa de un sistema implantado en la región de la médula espinal del paciente, y las Figuras 2-6 ilustran métodos representativos y formas de onda y circuitos asociados para detectar cambios de impedancia y responder a los cambios detectados. La Figura 1A ilustra esquemáticamente un sistema de tratamiento representativo 100 para proporcionar alivio del dolor crónico y/u otras patologías, dispuesto en relación con la anatomía general de la médula espinal 191 de un paciente. El sistema 100 puede incluir un generador de impulsos 101 que se puede implantar subcutáneamente a un paciente 190 y conectado a un elemento de transmisión de la señal 109. En un ejemplo representativo, el elemento de transmisión de la señal 109 incluye un cable o cuerpo de cable 110 que dispone de características o elementos para administrar la terapia al paciente 190 tras la implantación. El generador de impulsos 101 puede estar conectado directamente al cuerpo del cable 110 o puede estar conectado al cuerpo del cable 110 a través de un enlace de comunicación 102 (por ejemplo, una extensión). A efectos del presente, los términos cable y cuerpo del cable incluyen cualquier número de sustratos y/o miembros de soporte adecuados que portan dispositivos para administrar señales de terapia al paciente 190. Por ejemplo, el cuerpo del cable 110 puede incluir uno o más electrodos o contactos eléctricos que dirigen las señales eléctricas al tejido del paciente, con el fin de proporcionar alivio al paciente. En otras realizaciones, el elemento de transmisión de la señal 109 puede incluir dispositivos distintos de un cuerpo de cable (por ejemplo, una pala) que también transmiten señales eléctricas y/u otro tipo de señales al paciente 190.

[18] El generador de impulsos 101 puede transmitir señales al elemento de transmisión de la señal 109 que regula al alza (por ejemplo, estimula o excita) y/o que regula a la baja (por ejemplo, bloquea o reprime) los nervios diana. A efectos del presente documento, y a menos que se indique lo contrario, los términos "estimular" y "estimulación" se refieren en general a señales que tienen alguno de estos dos tipos de efecto sobre los nervios diana. El generador de impulsos 101 puede incluir un medio legible electrónicamente (por ejemplo, legible por ordenador) que contiene instrucciones para generar y transmitir las señales terapéuticas adecuadas. El generador de impulsos 101 y/u otros elementos del sistema 100 pueden incluir uno o más procesadores 107, memorias 108 y/o dispositivos de entrada/salida. Por consiguiente, el proceso para determinar la impedancia y emprender las acciones subsiguientes se puede realizar mediante instrucciones legibles por ordenador contenidas en medios legibles por ordenador, por ejemplo en el procesador o procesadores 107 y/o en la memoria o memorias 108. El generador de impulsos 101 puede incluir múltiples porciones, elementos y/o subsistemas (por ejemplo, para transmitir señales de acuerdo con múltiples parámetros de transmisión de señales), alojados en una única carcasa, tal y como se muestra en la Figura 1, o en múltiples carcasas. En cualquiera de estas realizaciones, el generador de impulsos 101 y/u otros componentes implantados del sistema 100 pueden incluir elementos para detectar cambios en la impedancia y responder a estos cambios.

[19] En algunas realizaciones, el generador de impulsos 101 puede obtener energía para generar señales terapéuticas de una fuente de alimentación externa 103. La fuente de alimentación externa 103 puede transmitir energía al generador de impulsos implantado 101 mediante inducción electromagnética (por ejemplo, señales de RF). Por ejemplo, la fuente de alimentación externa 103 puede incluir una bobina externa 104 que se comunica con su correspondiente bobina interna (no mostrada) dentro del generador de impulsos implantable 101. La fuente de alimentación externa 103 puede ser portátil para facilitar su uso.

[20] En otra realización, el generador de impulsos 101 puede obtener la energía para generar señales terapéuticas de una fuente de alimentación interna, además o en lugar de la fuente de alimentación externa 103. Por ejemplo, el generador de impulsos implantado 101 puede incluir una batería no recargable o una batería recargable para proporcionar dicha energía. Cuando la fuente de alimentación interna incluye una batería recargable, la fuente de alimentación externa 103 se puede utilizar para recargar la batería. La fuente de alimentación externa 103 puede, a su vez, ser recargada con una fuente de alimentación adecuada (por ejemplo, un enchufe de red convencional).

[21] En algunos casos, se puede conectar un programador externo 105 (por ejemplo, un estimulador de ensayo) al elemento de transmisión de la señal 109 durante un procedimiento de implante inicial, antes de implantar el generador de impulsos 101. Por ejemplo, un médico (por ejemplo, un profesional sanitario y/o el representante de una empresa) puede utilizar el programador externo 105 para modificar los parámetros de estimulación proporcionados al elemento de transmisión de la señal 109 en tiempo real, y seleccionar los parámetros óptimos o particularmente eficaces. Durante este proceso, el médico también puede variar la posición del elemento de transmisión de la señal 109. Una vez que se han establecido la posición de elemento de transmisión de la señal 109 y los parámetros de transmisión de la señal adecuados utilizando el programador 105, el paciente 190 puede recibir terapia mediante las señales generadas por el programador externo 105, generalmente durante un periodo de tiempo limitado. En una aplicación representativa, el paciente 190 recibe esta terapia durante una semana. Suponiendo que la terapia de ensayo sea efectiva o parezca que va a ser efectiva, a continuación el médico sustituye el programador externo 105 por el generador de impulsos implantado 101 y programa el generador de impulsos 101 con los parámetros seleccionados basándose en la experiencia obtenida durante el periodo de ensayo. Opcionalmente, el médico también puede sustituir el elemento de transmisión de la señal 109. Una vez que se ha

5 posicionado el generador de impulsos implantable 101 en el paciente 190, los parámetros de transmisión de la señal proporcionados por el generador de impulsos 101 se pueden actualizar de forma remota a través de un programador inalámbrico del médico (por ejemplo, un control remoto del médico) 111 y/o un programador inalámbrico del paciente 106 (por ejemplo, un control remoto del paciente). Por lo general, el paciente 190 tiene el control sobre menos parámetros que el médico. Por ejemplo, la capacidad del programador del paciente 106 se puede limitar a activar y/o desactivar el generador de impulsos 101 y/o ajustar la amplitud de estimulación.

10 [22] En cualquiera de las realizaciones anteriores, los parámetros con los que el generador de impulsos 101 transmite señales se pueden modular durante partes del régimen de la terapia. Por ejemplo, la frecuencia, la amplitud, la duración de los impulsos, el ciclo de trabajo y/o la ubicación de la transmisión de la señal se pueden modular de acuerdo con un programa predeterminado, con los datos introducidos por el paciente y/o el médico, y/o de manera aleatoria o pseudoaleatoria. Estas variaciones de los parámetros se pueden utilizar para tratar diversas situaciones clínicas, incluyendo cambios en la percepción del dolor del paciente, cambios en la población neural diana preferida y/o el alojamiento o la habituación del paciente. Estos cambios de parámetros también se pueden implementar automáticamente para tener en cuenta los cambios de impedancia detectados.

15 [23] La Figura 1B ilustra un cable representativo 110 que puede ser conectado al generador de impulsos 101. El cable 110 puede tener cualquier número adecuado de contactos C posicionados a lo largo de su longitud L para administrar terapia eléctrica al paciente. Con fines ilustrativos, 11 contactos C, identificados individualmente como contactos C1, C2... C11 se muestran en la Figura 1B. En el funcionamiento, uno o más de los contactos C son catódicos y uno o más de los contactos C son anódicos. Los contactos C se pueden abordar individualmente de forma que cada contacto C o combinación de contactos C puede operar como cátodo y cualquier contacto C o combinación de contactos C puede operar como ánodo. Estos contactos C se pueden agrupar eléctricamente diversas combinaciones y los contactos C individuales pueden realizar diferentes funciones (por ejemplo, funciones catódicas y/o funciones anódicas) en diferentes momentos durante el transcurso de un régimen de terapia. En cualquiera de estas realizaciones, cada contacto C se puede conectar con un correspondiente conductor 111 al generador de impulsos 101. Los conductores 111 pueden tener uno o más puntos de conexión a lo largo de sus longitudes (por ejemplo, en una unión con el generador de impulsos 101 y opcionalmente en una unión con una extensión). Por consiguiente, el circuito para un par de contactos C determinado incluye los contactos C, el tejido T del paciente entre los contactos, los conductores individuales 111, los puntos de conexión a lo largo de los conductores 111 y puntos de conexión entre los conductores 111 y el generador de impulsos 101. Tal y como se debate a continuación, los aspectos de la presente divulgación están dirigidos a detectar cambios en la impedancia del conjunto del circuito que pueden resultar de cambios en cualquiera de una variedad de puntos a lo largo del circuito y a proporcionar una respuesta apropiada.

20 [24] La Figura 2 ilustra un proceso total 220 de acuerdo con una realización concreta de la divulgación. El proceso 220 incluye la aplicación de terapia eléctrica a un paciente a través de un sistema implantado o parcialmente implantado (porción del proceso 225). Durante el transcurso de la terapia, el proceso 220 puede incluir además la detección de un cambio en la impedancia de un circuito eléctrico que administra la terapia, utilizando la porción implantada del sistema (porción del proceso 226). Basándose en el cambio de impedancia detectado, el proceso 220 también puede incluir el ajuste automático de los parámetros de administración de la señal con los que se administra la terapia, sin intervención humana (porción del proceso 227). Los parámetros de administración de la señal pueden incluir la potencia de la señal, la ubicación y/o el número de contactos eléctricos que administran la terapia al paciente y/u otros parámetros. La Figura 3 describe otros aspectos de realizaciones concretas del anterior proceso.

25 [25] La Figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra más detalladamente aspectos del proceso total 220 anteriormente descrito por referencia a la Figura 2. La porción del proceso 221 incluye la identificación de una población neural diana. Por ejemplo, la porción del proceso 221 puede incluir la identificación de una o más poblaciones neurales en ubicaciones vertebrales concretas a lo largo de la médula del paciente. La porción del proceso 222 incluye la implantación de un sistema de terapia eléctrica, por ejemplo la implantación del elemento de administración de la señal 109 y el generador de impulsos 101 anteriormente descrito por referencia a las Figuras 1A y 1B. Como se ha comentado anteriormente por referencia a la Figura 1B, el sistema de terapia eléctrica incluye al menos un circuito de terapia eléctrica que tiene asociado un valor de impedancia inicial. En la porción del proceso 30 225, la terapia eléctrica se aplica al paciente a través del sistema implantado con el valor de impedancia inicial. El valor de impedancia puede cambiar con el paso del tiempo, lo que se detecta en la porción del proceso 226. Las señales de terapia eléctrica son típicamente señales que varían en el tiempo (por ejemplo, impulsos) y el circuito asociado puede incluir elementos capacitivos y/o resistivos. Por consiguiente, la impedancia detectada puede incluir componentes capacitivos y/o resistivos. En realizaciones concretas, el sistema puede distinguir entre componentes resistivos y capacitivos de la impedancia general, y utiliza esta información para seleccionar el correspondiente parámetro de administración de señal que se debe variar. Por ejemplo, si el cambio de impedancia es principalmente capacitivo, cambiar la frecuencia de administración de la señal puede tener un mayor efecto que si el cambio de impedancia es principalmente resistivo.

35 [26] El cambio en la impedancia del circuito eléctrico se puede detectar mediante la detección de un cambio en la energía aplicada al circuito (porción del proceso 227), un cambio en el voltaje en uno o más puntos a lo largo del circuito (porción del proceso 228), un cambio en la corriente que pasa a través del circuito (porción del proceso 229) y/o cambios en otros valores. En una realización concreta (porción del proceso 230), la impedancia del circuito de terapia eléctrica se detecta mientras se administra la señal de terapia, por ejemplo, realizando un muestreo de la

propia señal de terapia. En otras realizaciones, se puede aplicar una señal eléctrica específica al circuito de terapia eléctrica y realizar un muestreo, con el fin de detectar la impedancia y/o los cambios de impedancia, con independencia de la señal de terapia (porción del proceso 231). Por consiguiente, esta disposición se puede utilizar para detectar la impedancia y/o cambios de impedancia de un circuito de terapia sin necesidad de que la señal de terapia esté activa en el circuito en ese momento.

[0027] En cualquiera de las realizaciones anteriores, el proceso 220 puede incluir diferentes pasos dependiendo de la magnitud y/o dirección del cambio de impedancia. En una realización concreta, la porción del proceso 232 puede incluir la determinación de si el cambio de impedancia es un aumento o un descenso. Si el cambio es un aumento, la porción del proceso 233 puede incluir la determinación de si el circuito está abierto. Un circuito abierto puede venir indicado por una impedancia infinita o por una impedancia o aumento de impedancia que supera un valor umbral adecuado.

[28] Las porciones del proceso 234-240 se pueden realizar si, en la porción del proceso 233, se determina que el circuito de terapia eléctrica está abierto. Por ejemplo, la porción del proceso 234 puede incluir la reducción de la potencia de la señal (por ejemplo, la corriente y/o el voltaje aplicado) antes de cerrar o intentar cerrar el circuito abierto (porción del proceso 235). En realizaciones particulares, la porción del proceso 234 puede incluir la reducción de la potencia de la señal a cero o a un valor distinto de cero adecuado, de forma que cuando el circuito se cierra posteriormente el paciente no recibe una sensación molesta. La porción del proceso 235 puede, por ejemplo, incluir el cambio de uno o más de los contactos (por ejemplo, los mostrados en la Figura 1B) que forman una porción del circuito de terapia eléctrica. Este cambio se puede conseguir abriendo y cerrando los correspondientes conmutadores en el generador de impulsos 101. Una vez que se ha realizado el cambio, la porción del proceso 236 puede incluir el aumento gradual de la potencia de la señal aplicada al circuito de terapia. Al reducir primero la potencia de la señal (porción del proceso 234) y posteriormente aumentar gradualmente la potencia de la señal una vez que se ha realizado el cambio en el circuito (porción del proceso 236), el proceso 220 puede evitar someter al paciente a un aumento repentino de la señal aplicada, lo que puede causar molestias al paciente.

[29] Una vez que se ha aumentado la potencia de la señal, la porción del proceso 237 puede incluir la comprobación de la impedancia para determinar si ha vuelto a su nivel original o si ha alcanzado al menos un nivel aceptable. Este proceso puede incluir la comprobación de la potencia, el voltaje y/o la corriente, tal y como se ha descrito anteriormente por referencia a las porciones del proceso 227-229. Si la impedancia se encuentra en un nivel aceptable, la porción del proceso 238 incluye la continuación de la administración de la terapia. Por otra parte, se puede notificar al paciente y/o al médico que se ha introducido un cambio para tener en cuenta el aumento detectado de la impedancia. La notificación puede adoptar diversas formas adecuadas, incluyendo una señal vibratoria y/o una señal almacenada internamente que es descargada de forma externa al paciente durante una operación de recarga de batería u operación de diagnóstico. Si el cambio no se ha traducido en un nivel de impedancia convenientemente mejorado, entonces en la porción del proceso 239, el sistema realiza comprobaciones para determinar si todos los contactos del cable implantado han sido comprobados. De lo contrario, el proceso vuelve a la porción del proceso 234 y se coloca un contacto diferente en el circuito. Si se han comprobado todos los contactos y se ha determinado que forman un circuito abierto, esto puede indicar que el cable está desconectado, lo que señala al usuario y/o al médico en la porción del proceso 240 utilizando cualquier técnica de notificación adecuada. En la porción del proceso 250, el sistema comprueba la reconexión del cable, por ejemplo volviendo a comprobar todos los contactos para detectar un circuito abierto. Una vez que el cable se ha reconectado, el sistema regresa a la porción del proceso 236 a fin de aumentar gradualmente la potencia de la señal.

[30] Si en las porciones del proceso 232 y 233, el sistema determina que la impedancia ha descendido o ha aumentado pero no lo suficiente como para indicar un circuito abierto, entonces en la porción del proceso 241 los parámetros de administración de la señal se ajustan de manera autónoma para llevar los valores de impedancia hasta unos niveles aceptables. La porción del proceso 241 puede incluir a su vez el cambio de diversos parámetros de administración de la señal identificados por las porciones del proceso 242-245. Por ejemplo, la porción del proceso 242 puede incluir el cambio del número de contactos activos en el circuito de terapia eléctrica. El número de contactos activos se puede aumentar en realizaciones concretas si la impedancia del circuito aumenta (por ejemplo, para proporcionar rutas eléctricas paralelas) y se puede reducir en otras realizaciones si la impedancia disminuye. En un ejemplo concreto, el paciente puede cambiar de posición o el cable puede cambiar de posición con respecto al paciente, de forma que la impedancia del circuito aumenta porque los contactos activos se encuentran entonces posicionados de forma adyacente a una porción de tejido del paciente con una impedancia superior. Al aumentar el número de contactos activos, el circuito resultante puede incluir porciones de tejido del paciente que tienen una impedancia inferior. Por supuesto, cuando se aplica este cambio, se realiza de forma que la terapia resultante se siga aplicando a la porción apropiada de tejido del paciente, aunque entonces se puede expandir el intervalo en el que están posicionados los contactos activos. Por ejemplo, solo un subconjunto de los contactos mostrados en la Figura 1B se puede utilizar y/o se encuentra disponible para este cambio, a fin de evitar dirigir la señal de terapia demasiado lejos de la población neural inicialmente seleccionada.

[31] En otras realizaciones, el sistema puede detectar automáticamente un descenso de la impedancia del circuito de terapia. Por ejemplo, si el cable se desplaza a una ubicación dentro del paciente que produce una impedancia menor, el sistema puede detectar automáticamente este hecho. Un ejemplo de esto es cuando el cable se desplaza de una posición inicial para situarse en una proximidad más estrecha con el líquido cefalorraquídeo, que tiene una impedancia relativamente baja. En estos casos, el número de contactos eléctricos que aplican la terapia se puede

reducir. En cualquiera de las realizaciones anteriores, una vez que se ha aplicado el cambio adaptativo, el proceso puede continuar con la porción del proceso 251, que incluye la determinación de si el nuevo circuito produce un valor de impedancia diana. En ese caso, en la porción del proceso 238 el sistema administra una terapia adicional. Por otra parte, el sistema puede notificar al paciente y/o al médico la nueva situación. Si el cambio no ha producido un valor de impedancia diana, el proceso vuelve a la porción del proceso 241. En ese punto, la porción del proceso 242 se puede volver a ejecutar utilizando una combinación diferente de electrodos o se pueden ejecutar cualquiera de las porciones del proceso 243-245.

[32] La porción del proceso 243 incluye el cambio de los contactos que se encuentran activos, por ejemplo, sin aumentar ni reducir el número de contactos activos. En un ejemplo concreto, la porción del proceso 243 puede incluir la sustitución de un contacto por otro. El contacto sustituido puede ser un contacto anódico o un contacto catódico, y en algunas realizaciones se pueden cambiar tanto los contactos anódicos como los catódicos. Una vez que se han cambiado los contactos, se comprueba la impedancia (porción del proceso 251) y el proceso continúa de manera generalmente similar a la que se ha debatido anteriormente.

[33] La porción del proceso 244 incluye el ajuste de la potencia de la señal (aumentar o reducir la potencia) en respuesta a una indicación de un cambio de impedancia. La potencia de la señal puede corresponder a un nivel de voltaje, un nivel de corriente y/o un nivel de energía. La porción del proceso 244 puede incluir a su vez la selección de un valor de potencia actualizado (por ejemplo, un valor de corriente o valor de voltaje actualizado) tal y como se muestra en la porción del proceso 252 y, a continuación, la determinación de si el valor de potencia actualizado supera un valor de conformidad predeterminado (porción del proceso 246). Por ejemplo, una fuente de corriente constante típica administra señales a una corriente constante modulando el voltaje aplicado, pero manteniendo el voltaje aplicado por debajo de un valor de voltaje de conformidad predeterminado, por ejemplo un voltaje de conformidad programado. Si el valor de potencia actualizado seleccionado no provoca que se supere el valor de conformidad, entonces la impedancia se puede volver a comprobar opcionalmente en la porción del proceso 251 y el sistema puede entonces administrar una terapia adicional (porción del proceso 238). La comprobación de la impedancia en la porción del proceso 251 puede ser opcional en este caso, porque el cambio de potencia de la señal puede no cambiar la impedancia.

[34] Si, en la porción del proceso 246 se determina que se ha superado el valor de conformidad con el valor de potencia actualizado seleccionado, entonces en la porción del proceso 247 se ajusta el valor de conformidad. Tal y como se ha debatido, una fuente de corriente constante ajusta automáticamente el voltaje aplicado para tener en cuenta al menos algunos cambios en la impedancia del circuito, a fin de producir efectivamente una corriente constante. Si la impedancia del circuito aumenta por encima de un nivel que puede ser aceptado por un cambio de voltaje que se mantiene dentro del valor de voltaje de conformidad máximo, el voltaje de conformidad se puede ajustar, dentro de unos límites preestablecidos determinados en aras de la seguridad y comodidad del paciente. Por consiguiente, en la porción del proceso 248, el sistema determina si se ha superado este límite preestablecido para el grado al que se puede ajustar el voltaje de conformidad. De lo contrario, se puede comprobar opcionalmente la impedancia (porción del proceso 251) y la terapia administrada al paciente (porción del proceso 238). Si el valor de conformidad necesario supera el límite preestablecido, entonces en la porción del proceso 249 se puede notificar al usuario y/o al médico que la potencia de la señal recomendada no está disponible sin superar los niveles preestablecidos en el grado en el que se puede cambiar el valor de conformidad. Además de o en lugar de proporcionar esta notificación, el proceso puede volver automáticamente a uno de los demás métodos disponibles para ajustar los parámetros de administración de la señal, incluyendo la porción del proceso 242 (cambio del número de contactos activos), la porción del proceso 243 (cambio de los contactos que se encuentran activos) y/o la porción del proceso 245 (cambio de otros parámetros). Los demás parámetros que se pueden cambiar pueden incluir, entre otros, la frecuencia, la duración del impulso y/o el ciclo de trabajo.

[35] En algunas realizaciones, el valor del voltaje de conformidad se aumenta, por ejemplo para tener en cuenta un aumento de la impedancia del circuito. En otras realizaciones, el valor del voltaje de conformidad se reduce, por ejemplo en respuesta a una disminución de la impedancia. En cualquiera de las realizaciones anteriores, puede resultar ventajoso mantener el valor de conformidad lo más bajo posible, mientras que continúan administrándose señales con una potencia de señal efectiva, a fin de reducir la energía consumida por el sistema. Por consiguiente, el sistema puede ajustar automáticamente el margen de conformidad (por ejemplo, la diferencia entre el voltaje de conformidad y el voltaje administrado real). Por ejemplo, el sistema puede establecer automáticamente el margen de conformidad en un nivel fijo (en voltios o milivoltios) por encima del voltaje administrado real (por ejemplo, el valor de potencia actualizado). En otras realizaciones, el margen de conformidad puede ser un porcentaje fijo del valor de potencia actualizado. En otras realizaciones, el margen de conformidad puede variar y se puede ajustar automáticamente en función del intervalo de perturbaciones de potencia exigidas, por ejemplo el grado en el que se pueden desviar los valores de potencia actualizados del valor de potencia que se está aplicando en ese momento. Si el intervalo es amplio, el margen de conformidad puede ser correspondientemente amplio para no tener que ajustar de forma repetida el valor de conformidad. Si el intervalo es estrecho, el margen de conformidad puede ser correspondientemente estrecho para reducir el consumo de energía. Por consiguiente, en realizaciones concretas, el sistema puede realizar automáticamente un seguimiento de las anteriores perturbaciones y ajustar automáticamente el margen de conformidad.

[36] En casos particulares, la disposición anterior puede realizar el seguimiento de la reducción gradual del intervalo de perturbaciones de la impedancia resultante cuando un cable recién implantado "cicatriz". El sistema también

puede realizar un seguimiento de los incrementos del intervalo de perturbaciones de la impedancia si se sigue acumulando tejido cicatrizado de forma que exige ajustes al alza frecuentes de la potencia de la señal y/o si el cable y/o el paciente experimentan otros cambios que afectan a la impedancia del circuito.

5 [37] Los sistemas y métodos anteriormente descritos pueden funcionar de conformidad con diversos modos diferentes. Por ejemplo, durante un primer modo de funcionamiento, el sistema puede comprobar la impedancia de uno o más circuitos que incluyen solo contactos de terapia activos. Si durante el primer modo de funcionamiento el sistema identifica un cambio de impedancia asociado con el contacto o los contactos activos, puede comprobar entonces la impedancia de los contactos inactivos durante un segundo modo de funcionamiento. En función de las mediciones de la impedancia obtenidas durante el segundo modo, el sistema puede cambiar automáticamente los contactos que están activos y los que están inactivos. Esta disposición puede reducir el tiempo y la energía necesarios para realizar una comprobación de la impedancia porque los contactos inactivos se comprueban solamente cuando se identifica un cambio de impedancia en asociación con uno o más contactos activos.

10 [38] Una característica de las diversas realizaciones descritas aquí es que el sistema 100 puede identificar automáticamente cambios en la impedancia a través de una porción implantada del sistema y emprender automáticamente las acciones apropiadas sin intervención del paciente ni del médico. Una ventaja de esta característica es que el sistema no tiene que depender de un análisis y/o diagnóstico externo y, por consiguiente, puede implementar la acción de forma más rápida y cómoda.

15 [39] Otra característica de varias de las realizaciones descritas aquí es que el sistema 100 puede identificar automáticamente un circuito abierto (por ejemplo, un cable desconectado) y, a continuación, aumentar gradualmente la potencia de la señal de terapia aplicada una vez que se ha cerrado el circuito abierto. Una ventaja de esta característica es que puede reducir o eliminar la probabilidad de que el paciente sienta una sacudida o molestia repentina, lo que se puede dar cuando la señal de la terapia se vuelve a aplicar de forma repentina en el valor de potencia diana.

20 [40] Otra característica más de las diversas de las realizaciones descritas aquí es que el sistema 100 puede ajustar automáticamente un nivel de conformidad preestablecido (por ejemplo, un voltaje o corriente) para tener en cuenta los cambios de impedancia. Aunque si se aumenta el nivel de conformidad se puede reducir la eficiencia total del sistema (por ejemplo, puede suponer un mayor consumo de energía), el paciente puede recibir una terapia efectiva y actualizada dinámicamente en un periodo de tiempo más breve. Esta disposición puede permitir que el paciente continúe recibiendo terapia efectiva hasta que se recargue o sustituya la fuente de energía, en lugar de exigir potencialmente que el paciente se someta a un procedimiento en la consulta para hacer frente al origen del cambio de impedancia (por ejemplo, desplazamiento del cable o tejido cicatrizado).

25 [41] Otra característica más de las diversas realizaciones divulgadas es que el sistema puede detectar cambios de impedancia mientras el paciente recibe la terapia. Por consiguiente no es necesario interrumpir la terapia del paciente para realizar esta función. Por otra parte, el sistema no solamente puede comprobar la impedancia de los contactos del cable que aplica la terapia en un momento dado, sino también otros contactos. Por lo tanto, el sistema puede identificar fácilmente contactos alternativos que pueden ser sustituidos o utilizados adicionalmente a los contactos actualmente activos para hacer frente a los cambios de impedancia. Asimismo, esta disposición permite que el sistema identifique rápidamente condiciones que pueden afectar a los contactos en lugar de limitarse a los contactos actualmente activos. Estas condiciones incluyen un cable desconectado.

30 [42] La Figura 4A es una ilustración esquemática de porciones del sistema 100 utilizado para detectar la impedancia de conformidad con una realización de la divulgación. El sistema 100 puede incluir un detector de impedancia 119 que a su vez incluye un microcontrolador o microprocesador 107 que está conectado a un convertidor analógico/digital (A/D) 112. El convertidor A/D 112 está conectado a un circuito de estimulación 113 que incluye uno o más contactos eléctricos y está implantado en el paciente 190. Por consiguiente, el convertidor A/D 112 convierte señales analógicas (por ejemplo, niveles de voltaje y/o corriente) en valores digitales, que son analizados por el microprocesador 107 para identificar cambios en la impedancia.

35 [43] La Figura 4B es un diagrama de un circuito representativo de una realización del sistema 100 anteriormente descrito por referencia a las Figuras 1 y 4A. En esta realización concreta, el convertidor A/D 112 esta conectado a un divisor de tensión 114, que a su vez se puede conectar selectivamente al circuito de estimulación 113 a través de un conmutador de medición activo 115. En otras realizaciones, el divisor de tensión 114 puede ser sustituido por otros elementos adecuados, por ejemplo un amplificador. En cualquiera de estas realizaciones, el circuito de estimulación 113 puede incluir una fuente de corriente constante 116 que recibe una entrada de voltaje de conformidad 117, que a su vez puede estar inicialmente preestablecido y después se puede ajustar opcionalmente dentro de otros límites preestablecidos, tal y como se ha debatido anteriormente. La fuente de corriente constante 116 se puede conectar a un selector de contactos 118, que a su vez está conectado a los contactos C1, C2... C11, colocados en el paciente 190. El selector de contactos 118 puede incluir cualquiera de una amplia variedad de dispositivos de conmutación adecuados utilizados para seleccionar uno o más de los contactos C1-C11 para aplicar terapia al paciente y/o para la detección de impedancia. El circuito puede incluir un puente en H u otro elemento adecuado para invertir selectivamente la dirección de la corriente para una o más combinaciones de los contactos C. En otras realizaciones, el sistema 100 puede incluir otras disposiciones adecuadas, por ejemplo una fuente de voltaje constante en lugar de una fuente de corriente constante, una salida de corriente además de la fuente de corriente constante, y/u otras disposiciones adecuadas conocidas por los expertos en la técnica correspondiente.



- 5 [44] En cualquiera de las realizaciones anteriores, el detector 119 detectará típicamente la impedancia de un circuito que incluye al menos dos contactos, por ejemplo C1 y C2. Si la impedancia del circuito aumenta por encima de un umbral preestablecido, el sistema puede avanzar automáticamente a los restantes contactos, por ejemplo C1 en combinación con C3, C1 en combinación con C4 y así sucesivamente. Este proceso secuencial se puede completar para cualquier combinación de contactos que pueda resultar adecuada para continuar la terapia del paciente. Sin embargo, en cualquiera de estos casos la impedancia del circuito testado incluirá las impedancias de todos los contactos del circuito. Por consiguiente, el microprocesador 107 puede incluir una o más de una serie de provisiones para aislar los cambios de impedancia a un contacto o contactos concretos. Por ejemplo, en un caso se puede asignar una impedancia nominal a otros contactos incluidos en el circuito (por ejemplo, si múltiples contactos están conectados en paralelo en el circuito) y posteriormente restarse de la impedancia total para obtener la impedancia de un contacto determinado. En otra realización se puede utilizar una serie de ecuaciones de múltiples variables para resolver la impedancia de cada contacto individual. Se espera que esta implementación consuma más energía que otras y, por consiguiente, al menos en algunas realizaciones puede seleccionarse solamente cuando se disponga de la energía necesaria. En otro enfoque, el microprocesador 107 puede emplear una técnica de aproximación sucesiva utilizando un valor medido inicialmente para un contacto para calcular los valores de otros contactos y, a continuación, repetir el proceso cuando se identifiquen las impedancias de los circuitos con otros contactos. En cualquiera de las realizaciones anteriores, el detector 119 obtiene valores de impedancia y/o cambios en los valores de impedancia que se utilizan como datos de entrada para otros elementos funcionales del microprocesador 107 que automáticamente implementa los cambios anteriormente descritos por referencia a las Figuras 2 y 3.
- 10 [45] La Figura 5A ilustra una forma de onda representativa 570a que tiene múltiples impulsos 571, cada uno con una fase catódica 572 y una fase anódica 573 para administrar la terapia al paciente. En un aspecto concreto de esta realización, la forma de onda 570A se puede someter a muestreo directamente (por ejemplo, en la fase catódica 572) a través del circuito descrito anteriormente por referencia a la Figura 4B con el fin de identificar la impedancia del circuito. Por ejemplo, la flecha S identifica un punto de muestreo adecuado. En realizaciones concretas, la forma de onda 570a se puede someter a muestreo en múltiples puntos y analizar los resultados para proporcionar un valor de impedancia complejo.
- 15 [46] La Figura 5B ilustra otra forma de onda 570b que tiene múltiples ráfagas de impulsos 571 separadas por un periodo de reposo. En esta realización se puede superponer un impulso de detección separado 574 sobre la forma de onda 570b en el periodo de reposo. Las características de impedancia del circuito se determinan por consiguiente analizando la impedancia asociada con el impulso de detección 574. En otras realizaciones, el impulso de detección 574 se puede aplicar a un circuito que no está aplicando terapia en ese momento, en cuyo caso la forma de onda 570b se encuentra totalmente en reposo salvo por la presencia del impulso de detección 574. En cualquiera de estas realizaciones, el impulso de detección 574 se suministra típicamente a los cables por debajo del umbral para evitar desencadenar una respuesta motora y/o sensorial en el paciente.
- 20 [47] En cualquiera de las realizaciones anteriores, la señal de la terapia se puede aplicar a frecuencias que oscilan entre unos 1,5 kHz y 100 kHz, ciclos de trabajo aproximados del 50% al 100%, por ejemplo con la señal de estimulación activada durante un periodo de unos 10 milisegundos a unos 2 milisegundos y desactivada durante un periodo aproximado de 1 milisegundo a unos 1,5 milisegundos. Los impulsos aplicados pueden tener una duración de unos 30-35 microsegundos y una amplitud en el intervalo de 1 mA a unos 4 mA. En otras realizaciones, estos parámetros pueden tener valores diferentes adecuados para administrar terapia a un paciente en cualquiera de una variedad de poblaciones neurales para abordar las diversas condiciones del paciente.
- 25 [48] La Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso 620 de conformidad con una realización de la divulgación. El proceso 620 puede incluir la aplicación de terapia eléctrica al paciente (porción del proceso 625) y la identificación automática de los cambios en la impedancia de un circuito eléctrico a través del que se aplica la terapia como una función de tiempo (porción del proceso 626). En función de la información obtenida en la porción del proceso 626, la porción del proceso 627 puede incluir la predicción de un valor futuro de la impedancia. Por ejemplo, el valor futuro se puede predecir a través de una técnica de extrapolación adecuada, incluyendo una función lineal o de orden superior, una curva de cuadrados mínimos u otra técnica. En función del valor futuro de la impedancia predicho, la porción del proceso 628 puede incluir la realización automática de una tarea, por ejemplo sin intervención humana. Las tareas representativas pueden incluir la predicción de un fallo del cable, por ejemplo si la impedancia del cable resulta excesiva de forma intermitente. En otras realizaciones, la porción del proceso 628 puede incluir la predicción de una impedancia excesiva, como la que se puede producir por la formación de tejido cicatrizado alrededor del cable, por ejemplo, si la impedancia muestra un crecimiento constante. Otra función que se puede realizar a través de la porción del proceso 628 incluye la confirmación de que la tendencia de impedancia identificada en la porción del proceso 626 se ajusta a una tendencia prevista, por ejemplo un patrón o una tendencia prevista resultante de una cantidad prevista de crecimiento de tejido cicatrizado. En otra realización la tarea puede incluir la actualización de cualquiera de los parámetros de administración de la señal anteriormente descritos y/o el ajuste de los valores de conformidad y/o los márgenes de conformidad, tal y como se ha debatido anteriormente. En cualquiera de estas realizaciones, la porción del proceso 628 puede incluir la notificación al paciente y/o al médico, sola o en combinación con cualquiera de las actividades anteriores.
- 30 [49] Por lo anterior, se apreciará que en el presente documento se han descrito realizaciones específicas de la divulgación a título ilustrativo, pero que se pueden introducir diversas modificaciones sin desviarse de la divulgación. Por ejemplo, a pesar de que determinados aspectos de la divulgación se han descrito en el contexto de la
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

5 estimulación de la médula espinal para el tratamiento del dolor crónico, se pueden utilizar técnicas similares en otras realizaciones para identificar cambios de impedancia y/o tendencias de la terapia aplicada a otras poblaciones neurales y/o condiciones del paciente. Los parámetros de administración de la señal anteriormente descritos pueden tener otros valores en otras realizaciones; por ejemplo, frecuencias inferiores al intervalo de 1,5-100 kHz anteriormente descrito. Los circuitos de detección pueden tener disposiciones distintas de las divulgadas específicamente en el presente. El microprocesador puede implementar respuestas a los cambios de impedancia detectados utilizando cualquiera de una variedad de técnicas y lenguajes de programación adecuados.

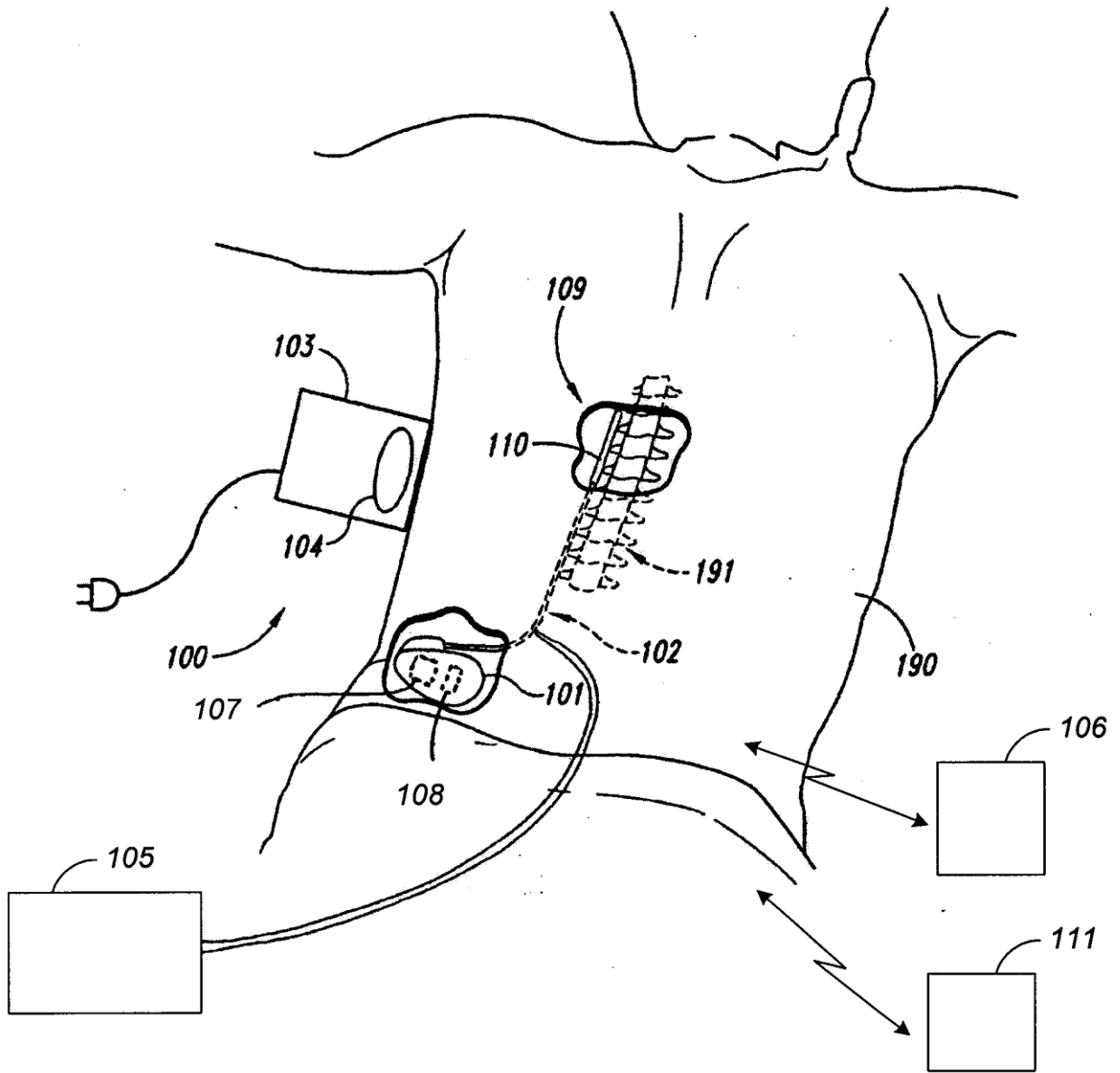
10 [50] Determinados aspectos de la divulgación anterior descritos en el contexto de realizaciones concretas pueden ser combinados o eliminados en otras realizaciones. Por ejemplo, el proceso de predecir tendencias de impedancia debatido anteriormente con referencia a la Figura 6 se puede combinar con el proceso de ajuste de los valores de impedancia anteriormente descrito con referencia a las Figuras 2 y 3. Los valores de impedancia se pueden someter a seguimiento de manera coordinada con la posición o actividad del paciente. El método de seguimiento de los cambios de impedancia como una función de tiempo y de predicción de los valores futuros de impedancia no tiene que realizarse con una porción implantada del sistema en algunas realizaciones, sino que se puede realizar también  
15 fuera del paciente.

Por otra parte, a pesar de que las ventajas asociadas a determinadas realizaciones que se han descrito en el contexto de dichas realizaciones, otras realizaciones también pueden presentar esas ventajas y no todas las realizaciones tienen que presentar necesariamente estas ventajas para estar incluidas en el alcance de aplicación de la presente divulgación.

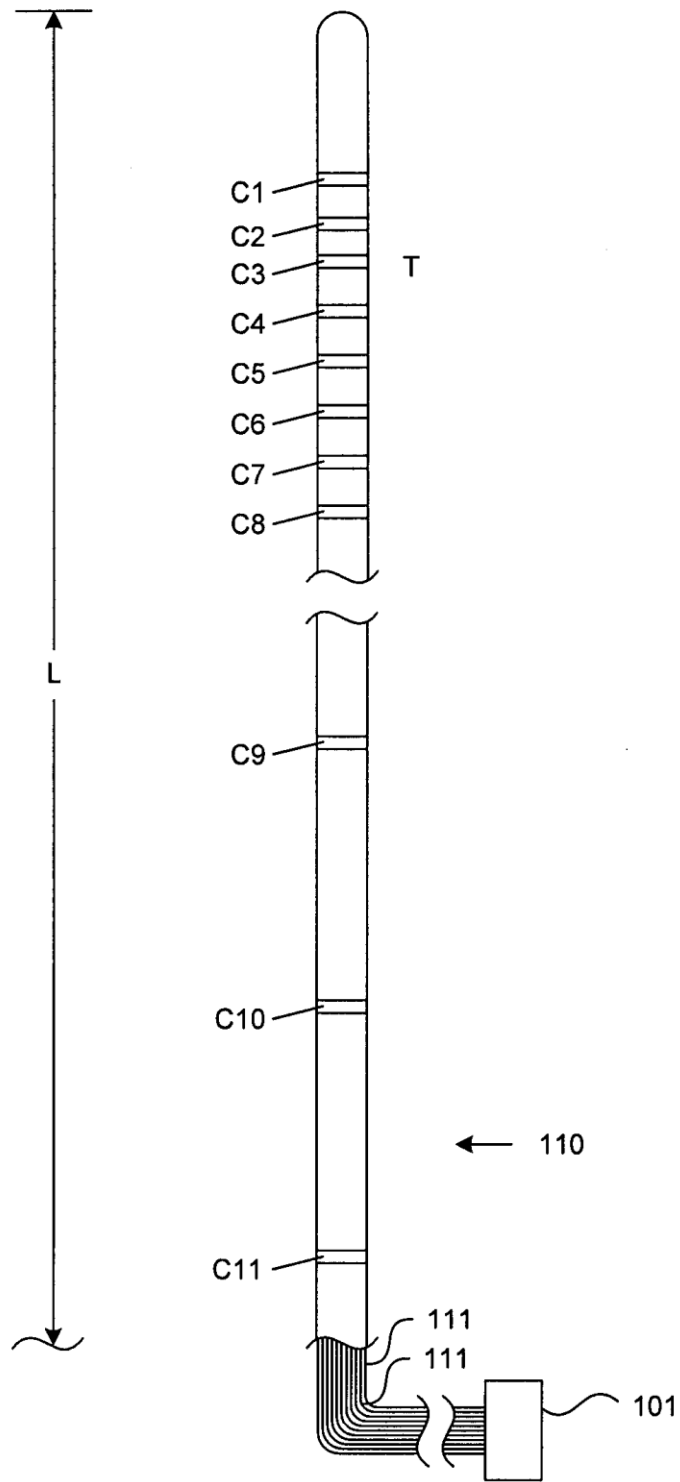
**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de terapia del paciente (100) que comprende:
  - una porción implantable en el paciente que incluye un generador de impulsos (101) y un dispositivo de administración de la señal (109) que tiene un contacto eléctrico posicionado para estar en comunicación eléctrica con una población neural diana de un paciente cuando se encuentra implantada, y configurada para administrar una señal eléctrica que tiene uno o más parámetros de administración de la señal;
  - un detector de impedancia situado en la porción implantable, donde el detector de impedancia está operativamente conectado a un circuito eléctrico que incluye el electrodo para detectar una impedancia del circuito eléctrico; y
  - un procesador (107) situado en la porción implantable en el paciente, donde el procesador dispone de un medio legible por ordenador programado con instrucciones que, cuando se ejecutan:
    - recibe una indicación de un cambio de impedancia del detector de impedancia;
    - determina si la señal eléctrica supera un valor de voltaje de conformidad predeterminado; y
    - se basa al menos en parte en el cambio de impedancia detectado y sin intervención humana, se ajusta automáticamente el valor del parámetro o los parámetros de administración de la señal de conformidad con los que la porción implantable en el paciente administra la señal eléctrica al contacto eléctrico; donde, si se determina que se ha superado el valor de voltaje de conformidad predeterminado, las instrucciones, cuando se ejecutan, ajustan el valor de voltaje de conformidad; donde las instrucciones, cuando se ejecutan, también:
      - identifican automáticamente los cambios en la impedancia del circuito eléctrico como una función de tiempo;
      - basado al menos en parte en la identificación de los cambios en la impedancia como una función de tiempo, predice un valor futuro de la impedancia; y
      - basado al menos en parte en el valor futuro predicho de la impedancia, realiza automáticamente una tarea.
2. El sistema de la reivindicación 1 donde el procesador está programado con instrucciones que, cuando se ejecutan, ajusta automáticamente una amplitud de la señal eléctrica.
3. El sistema de la reivindicación 1 donde el procesador está programado con instrucciones que, cuando se ejecutan, termina automáticamente la señal eléctrica.
4. El sistema de la reivindicación 1 donde la señal eléctrica se aplica a una primera serie de contactos y donde el ajuste automático del valor del parámetro o los parámetros de administración de la señal incluye la aplicación de la señal eléctrica a una serie de contactos que tiene un miembro diferente de la primera serie de contactos.
5. El sistema de la reivindicación 1 donde la porción implantable incluye una fuente de corriente constante que tiene un nivel de voltaje de conformidad con un primer valor y donde el ajuste automático del valor del parámetro o los parámetros de administración de la señal incluye:
  - aumentar el nivel del voltaje de conformidad del primer valor a un segundo valor superior al primero; y
  - aumentar la potencia de la señal más allá de la potencia disponible con el primer valor.
6. El sistema de la reivindicación 1 donde la porción implantable incluye una fuente de corriente constante que tiene un nivel de voltaje de conformidad con un primer valor y donde el ajuste automático del valor del parámetro o los parámetros de administración de la señal incluye la reducción del nivel de conformidad del primer valor a un segundo valor inferior al primer valor.
7. El sistema de la reivindicación 1 donde la recepción de una indicación de un cambio de impedancia incluye la recepción de una indicación de un circuito abierto.
8. El sistema de la reivindicación 7 donde el ajuste automático del valor del parámetro de administración de la señal incluye la reducción de la potencia de la señal eléctrica para posteriormente elevar la potencia de la señal eléctrica una vez que se haya cerrado el circuito.
9. El sistema de la reivindicación 1 donde el generador de impulsos emite una señal eléctrica terapéutica y una señal de diagnóstico y donde el detector de impedancia va conectado al circuito eléctrico para detectar una característica de una señal eléctrica de diagnóstico.
10. El sistema de la reivindicación 1 donde el procesador está ubicado en el generador de impulsos implantable en el paciente.
11. El sistema de la reivindicación 1 donde la realización automática de una tarea incluye la comparación de los cambios identificados en la impedancia con un programa predeterminado de cambios en la impedancia.
12. El sistema de la reivindicación 1 donde la realización automática de una tarea incluye la emisión automática de una notificación.

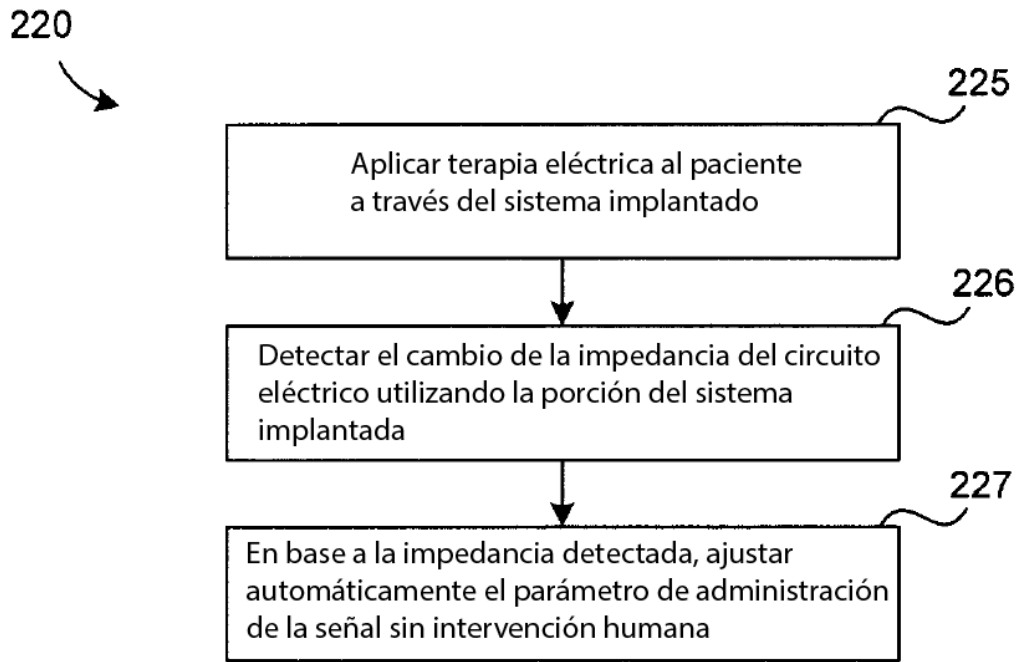
13. El sistema de la reivindicación 1 donde la identificación de cambios en la impedancia incluye la identificación de aumentos intermitentes de la impedancia y donde la predicción de un valor futuro de la impedancia incluye la predicción de un fallo del dispositivo de administración de la señal.



**FIG. 1A**



**FIG. 1B**



**FIG. 2**

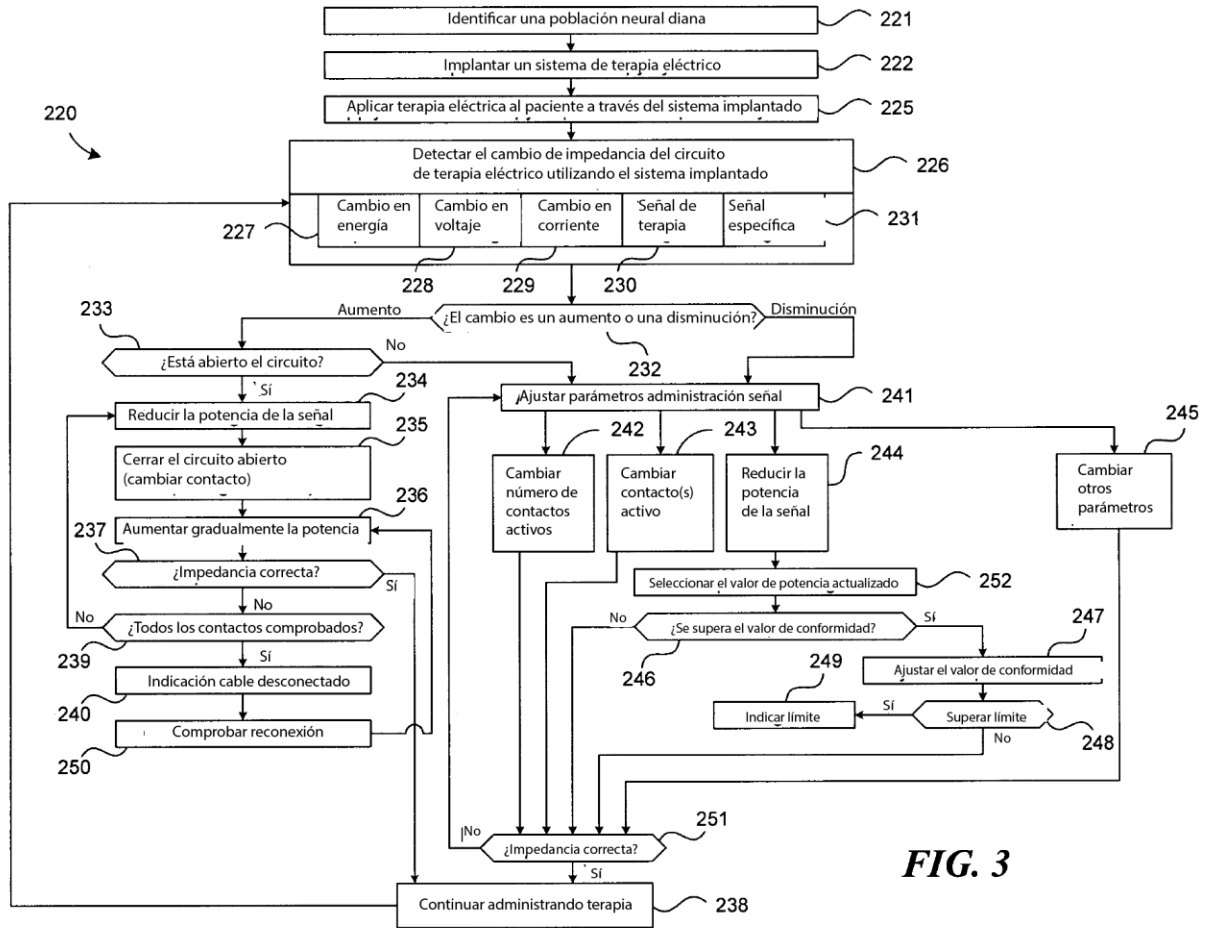
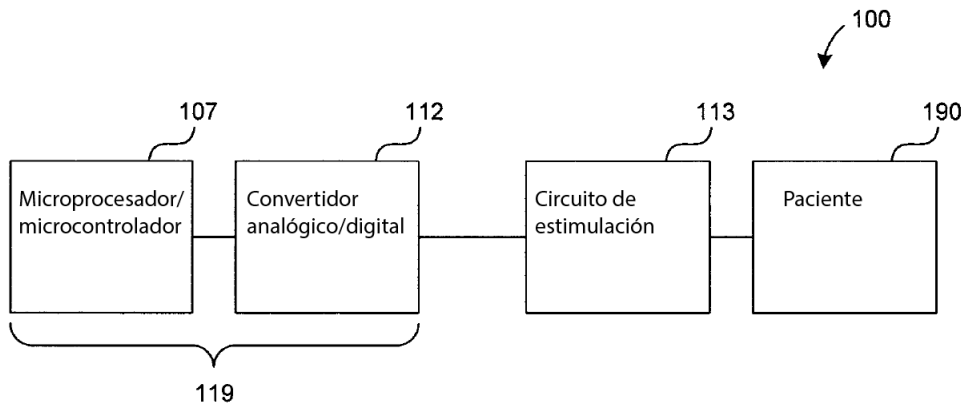
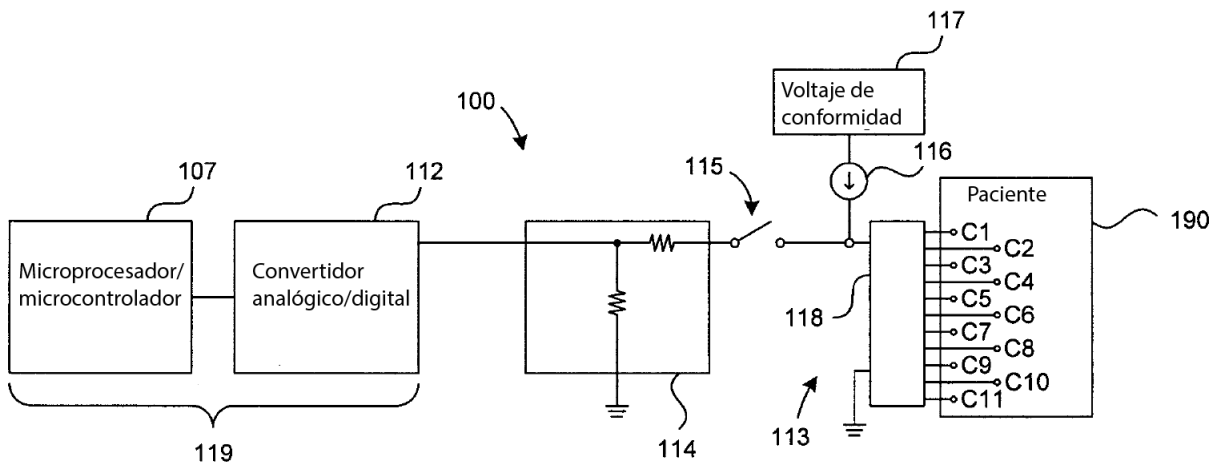


FIG. 3

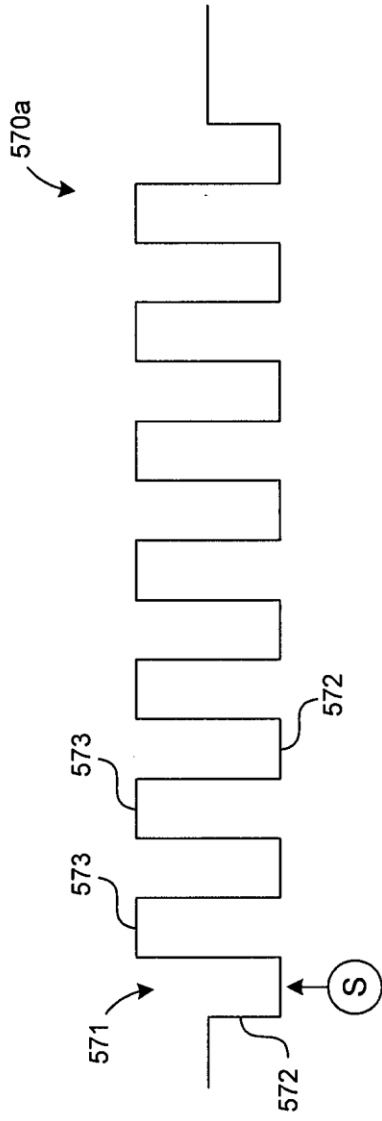




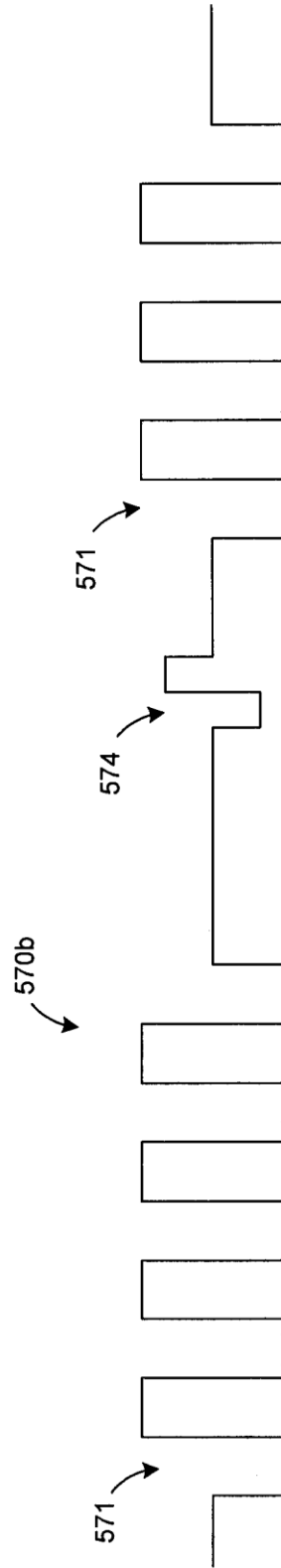
**FIG. 4A**



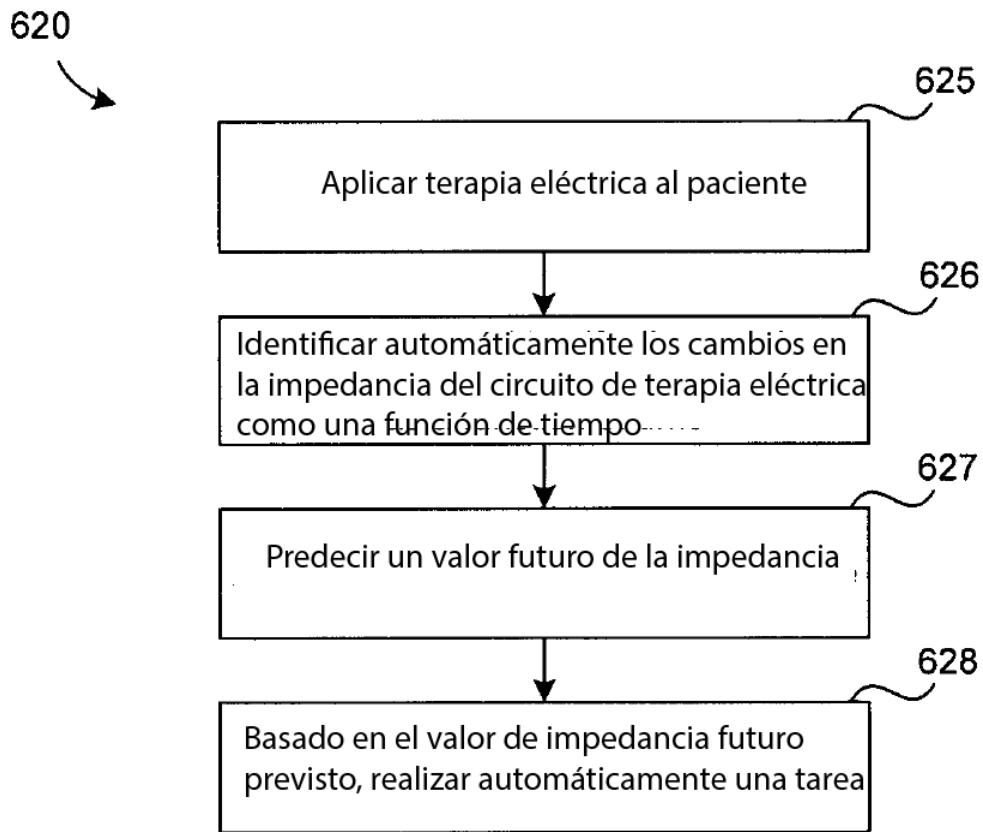
**FIG. 4B**



**FIG. 5A**



**FIG. 5B**



**FIG. 6**